

**L'Anap est heureuse de vous
accueillir pour vous faire partager
sa passion astronomique**

**Au programme ce soir l'estimation de
la taille d'un cratère de la Lune et de
sa profondeur, vu depuis la terre, ou
plus exactement depuis une photo
prise depuis la Terre**

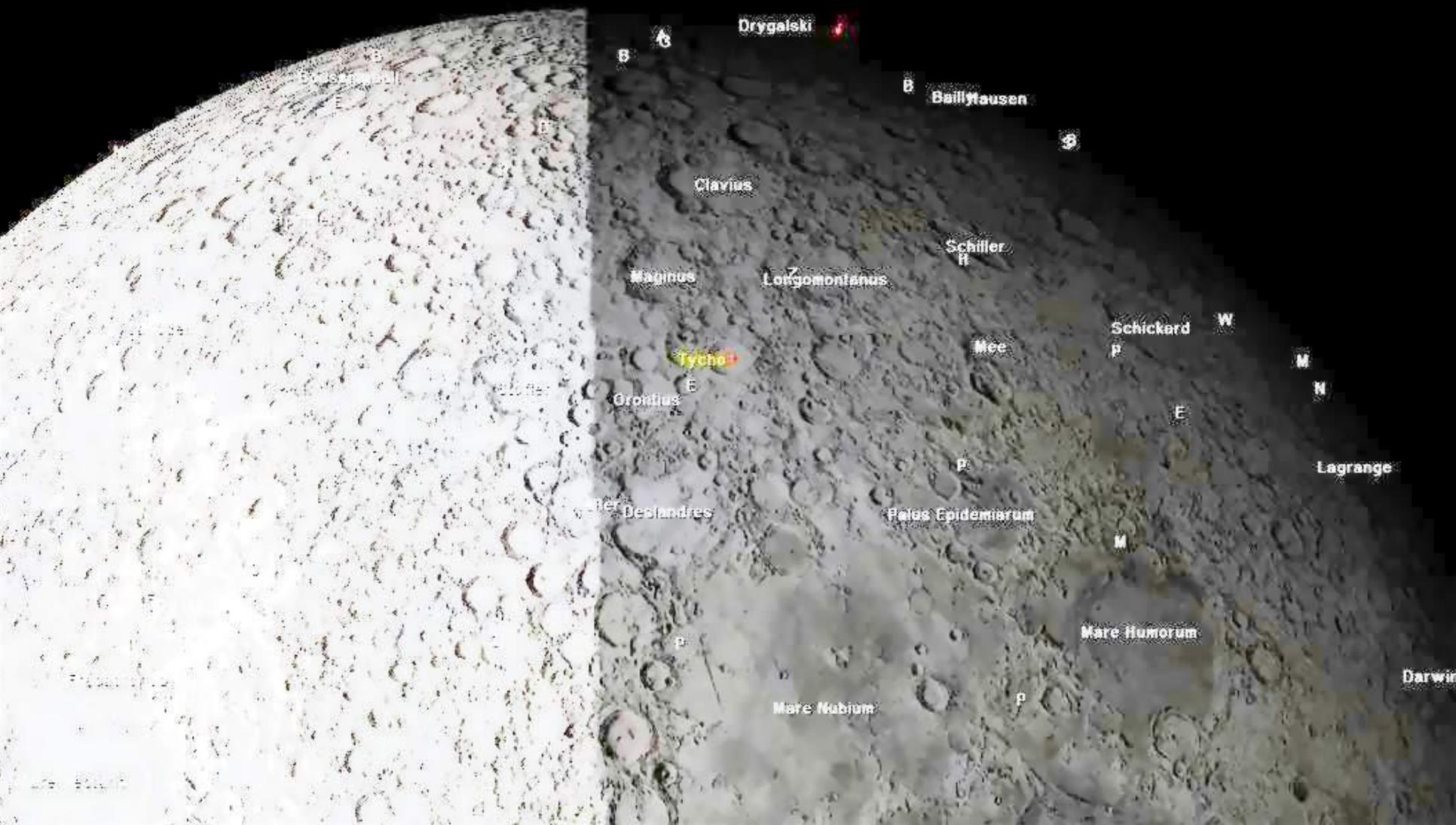
Généralités sur la Lune

La Lune tourne autour du barycentre commun Terre-Lune en 28 jours $\frac{2}{3}$.

La Lunaison (période séparant deux phases apparentes identiques vues depuis la Terre) dure 29,5 jours.

La Lune fait un tour sur elle-même dans le même temps où elle fait le tour de la terre ce qui fait qu'elle nous montre toujours la même face.

En raison des librations nous pouvons observer 59 % de la surface de la Lune.



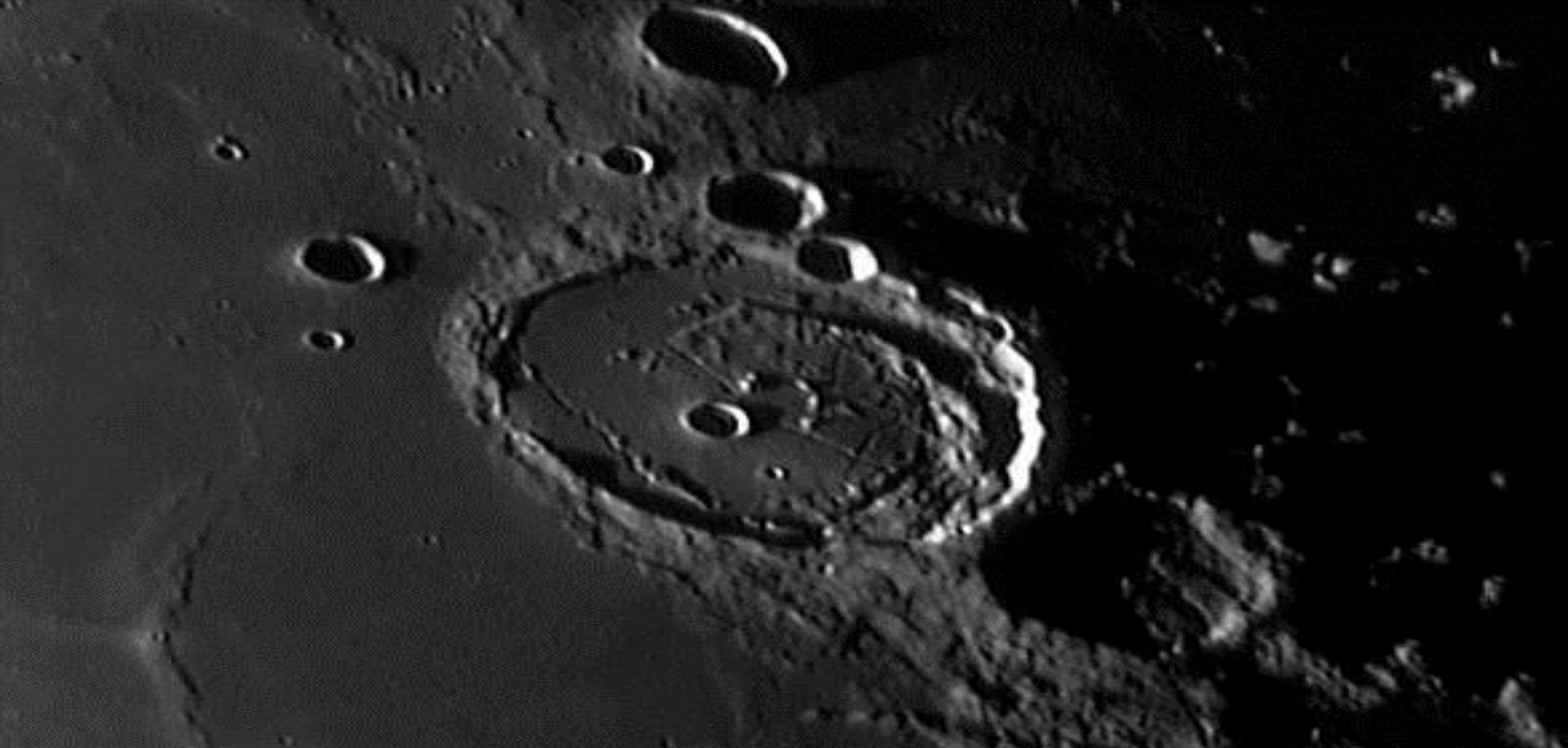
La Lune au premier quartier le 31 janvier 2012 à 5 heures TU
Le terminateur coupe la Lune en deux parties, éclairée et sombre



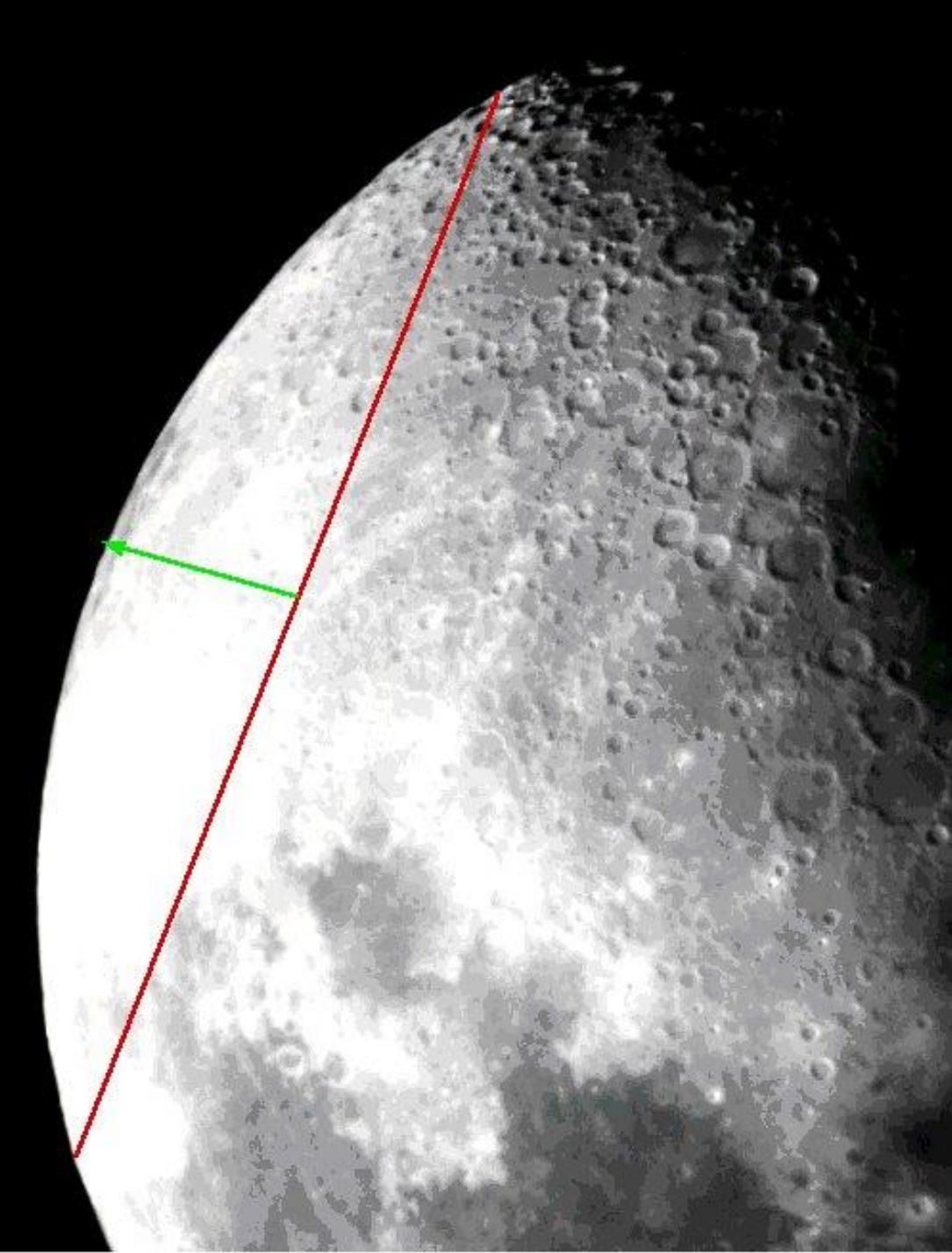
**Cette photo a été
réalisée par Pierre
Nouguier le mercredi
Premier février 2012 à
22 heures TU, phase
0,661 soit 41 heures
après le premier
quartier qui a eu lieu
le 31 janvier à 5
heures TU.
Malheureusement
elle est peu
contrastée et assez
sombre**



La première chose à faire consiste donc à rendre cette photo plus exploitable en utilisant des logiciels de traitement. Une très forte accentuation du contraste est appliquée ici sachant que le but est de souligner les limites des reliefs et d'accentuer les ombres qui vont nous permettre d'estimer la hauteur des montagnes et la profondeur des cratères.



Pour estimer le diamètre du cratère il suffit de le mesurer avec un double décimètre et de proportionner la mesure à l'échelle de la photo. Cette échelle se détermine à partir d'une mesure entre deux points sur la photo dont on connaît la distance réelle par ailleurs. Le diamètre de la Lune lui-même est une excellente opportunité puisqu'il est bien connu et figure dans toutes les encyclopédies, mais la photo sur laquelle figure le cratère doit permettre sa mesure. Ensuite il ne s'agit plus que d'une règle de trois.



Mais l'image sur laquelle vous allez devoir travailler ne permet pas de mesurer directement le diamètre de la Lune aussi vous allez devoir l'estimer à partir d'une autre mesure . Afin de vous entraîner à travailler sur photo tracez la corde (en rouge) sur votre exemplaire de l'image de travail, puis, la flèche (en vert) abaissée au centre de la corde.

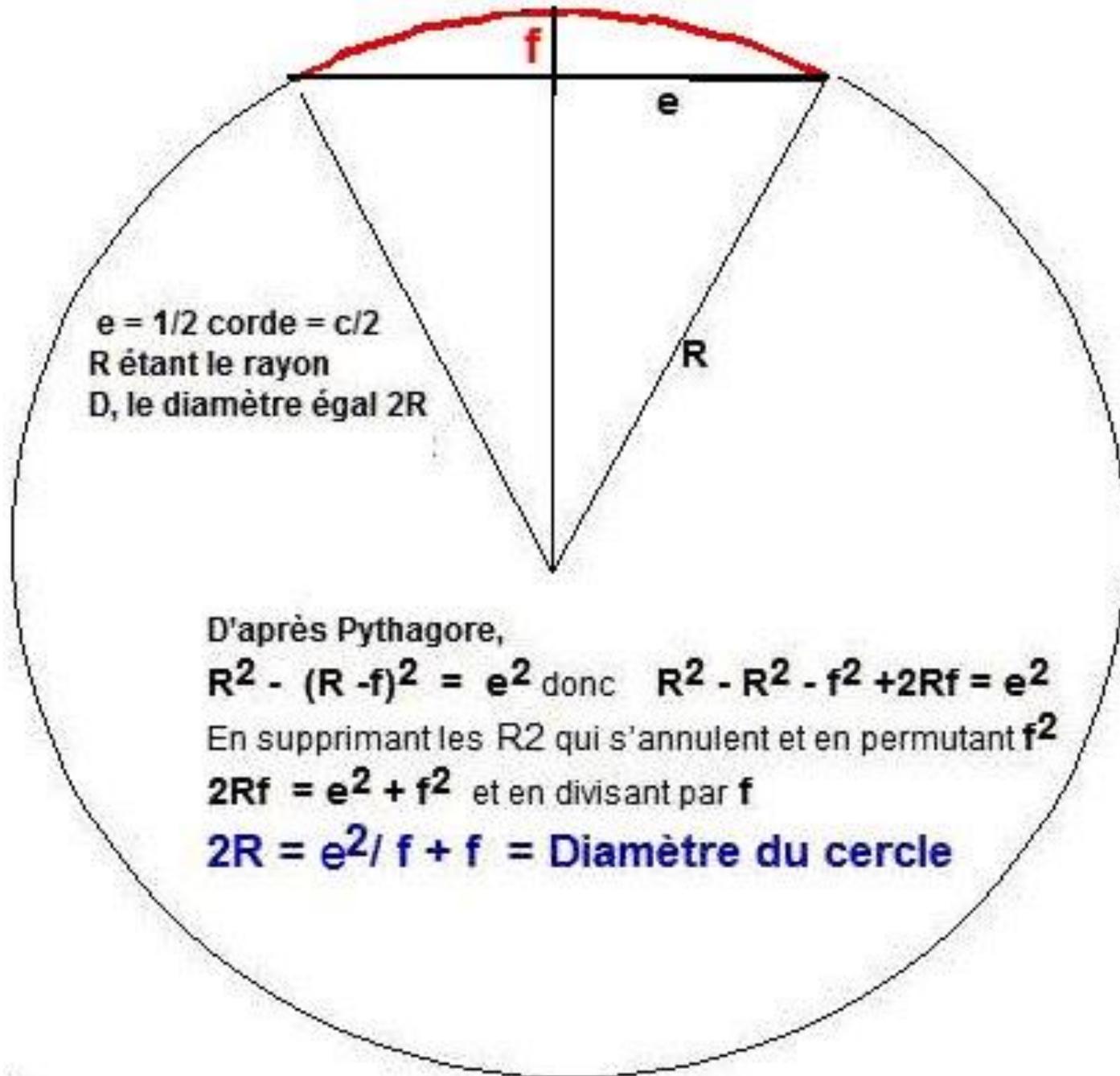
A partir de cette seule mesure, déterminez le diamètre de la Lune en millimètres. Puis sachant que son diamètre réel est de 3474 km donnez l'échelle de cette image sous la forme suivante :

1mm d'image = ? Km réels

Et confrontez vous résultats

Pour vous aider, la logique qui permet de déterminer le diamètre d'un cercle à partir d'une corde et de sa flèche est ici :

Trouvez le diamètre du cercle dans lequel est inscrit l'arc dont on connaît la flèche **f** et la corde **C**



**Combien de millimètres
avez-vous trouvé pour le
diamètre de la Lune, et
combien de km sont
représentés par 1
millimètre sur cette
photo?**



Maginus-->

Agrippa-->

Manilius-->

Diamètre lunaire sur la Grande Carte 800 mm Pour un diamètre réel de 3474 km, il s'en suit que pour la Grande Carte, 1mm = 4343 m

Sur la grande carte la distance séparant Maginus d'Agrippa (de centre à centre est de 335mm) est donc de 335mm x 4343 m/par mm = 1 454 905m

Sur la photo de travail la mesure entre ces deux cratères indique 180 mm dont nous tirons la distance kilométrique de chaque millimètre de cette image $1\ 454\ 905 / 180 = 8083$ mètres

Le cratère sur lequel nous nous proposons de travailler et le cratère Tycho dans lequel l'ombre de la paroi est nettement visible.

Mais dans un premier temps tentons d'estimer son diamètre, la longueur de l'ombre du cratère et celle du piton central.



A vous de jouer

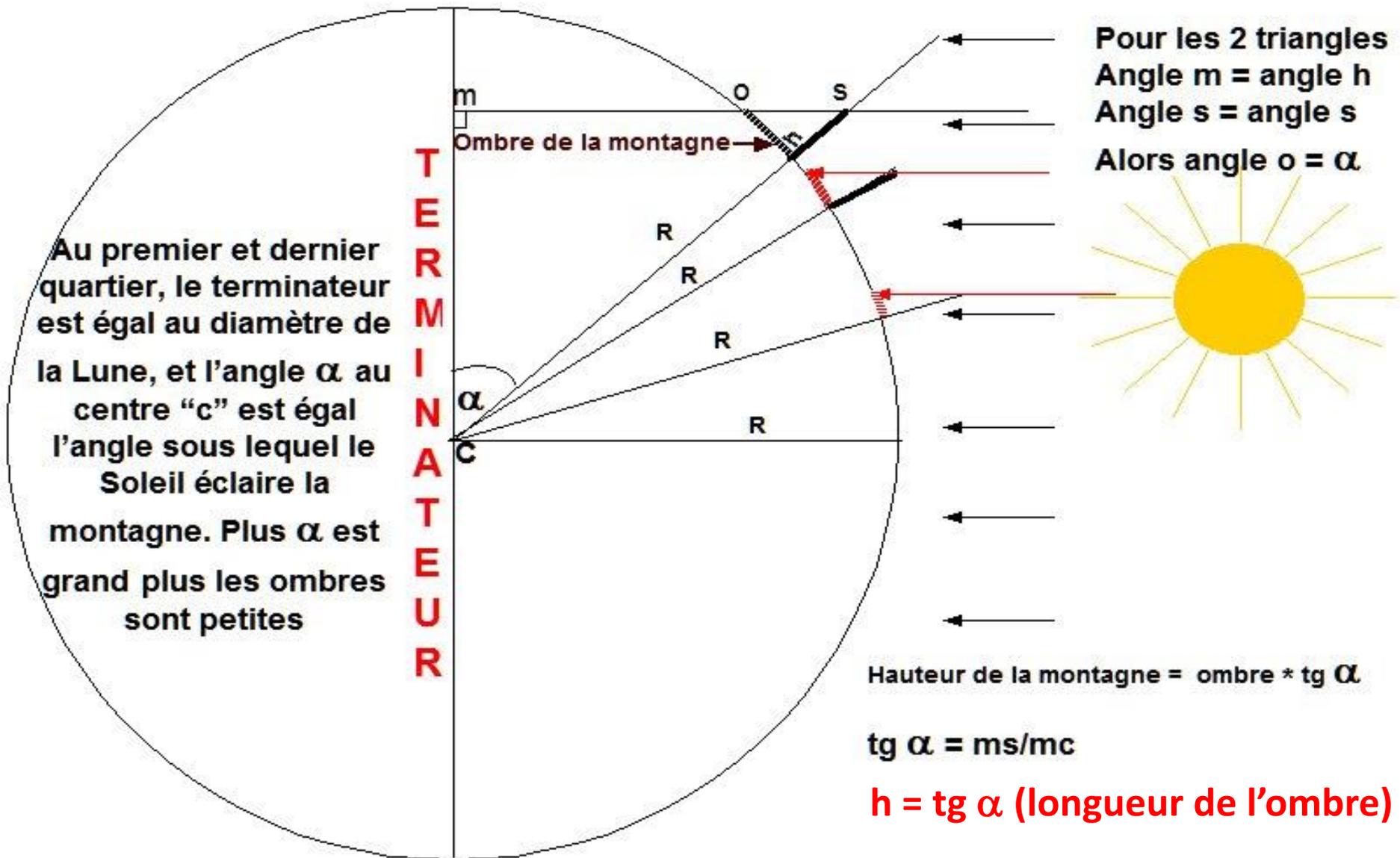
Mais..... Que mesurez-vous, largeur ? Hauteur ?

Et combien trouvez-vous ? *Arrêt sur image*

**J'ai trouvé à peu près 10 mm
J'estime donc le diamètre du
cratère Tycho à 10 fois 8,083 km
soit 81 km**

Les atlas le donnent pour 86 km

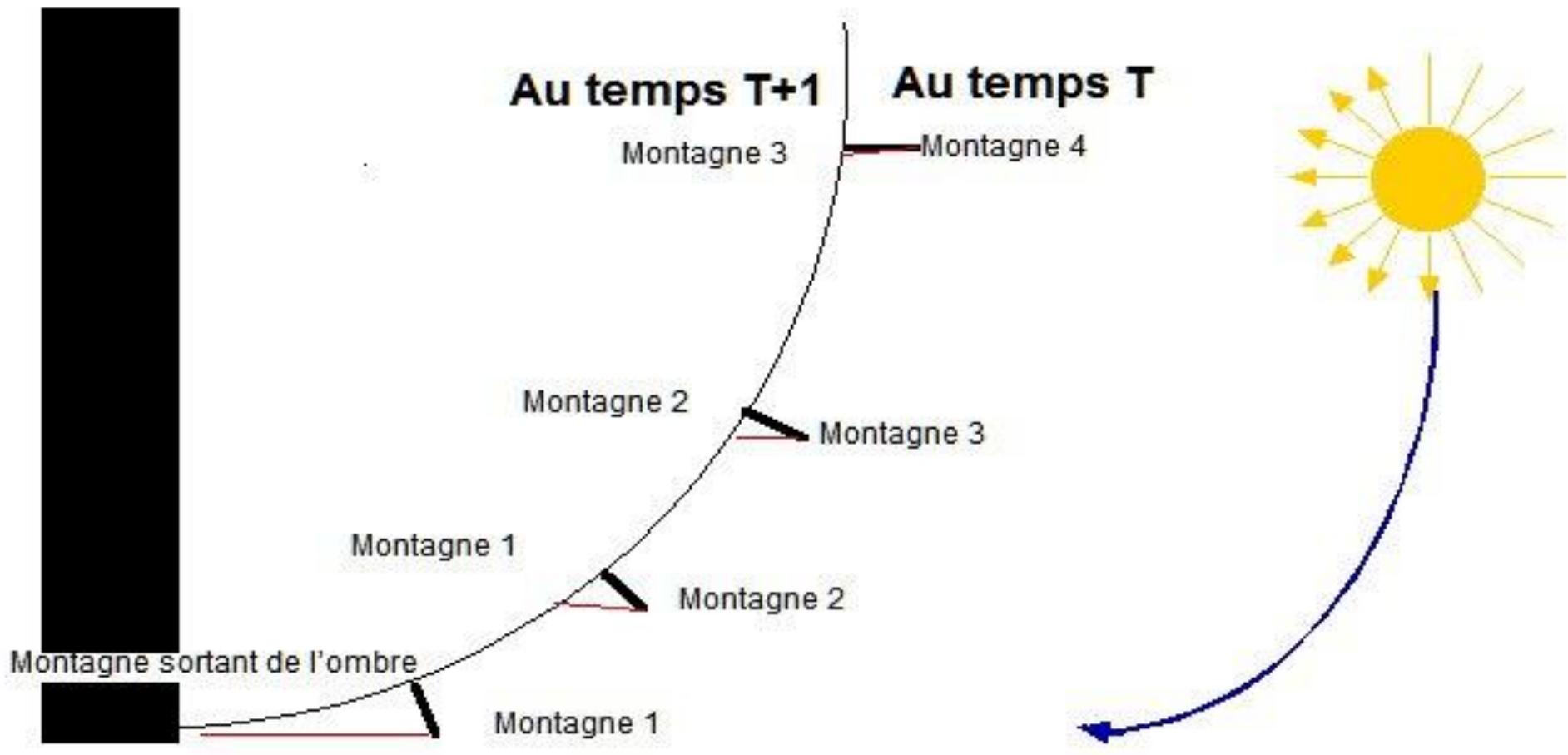
**Et pour la profondeur du cratère Tycho et la
hauteur du pic central, comment si prendre ?**



Le rapport entre la hauteur de la montagne et son ombre projetée dépend de l'angle d'éclairement ou, dit autrement dans le cas particulier du premier quartier, de la position de la montagne par rapport au terminateur



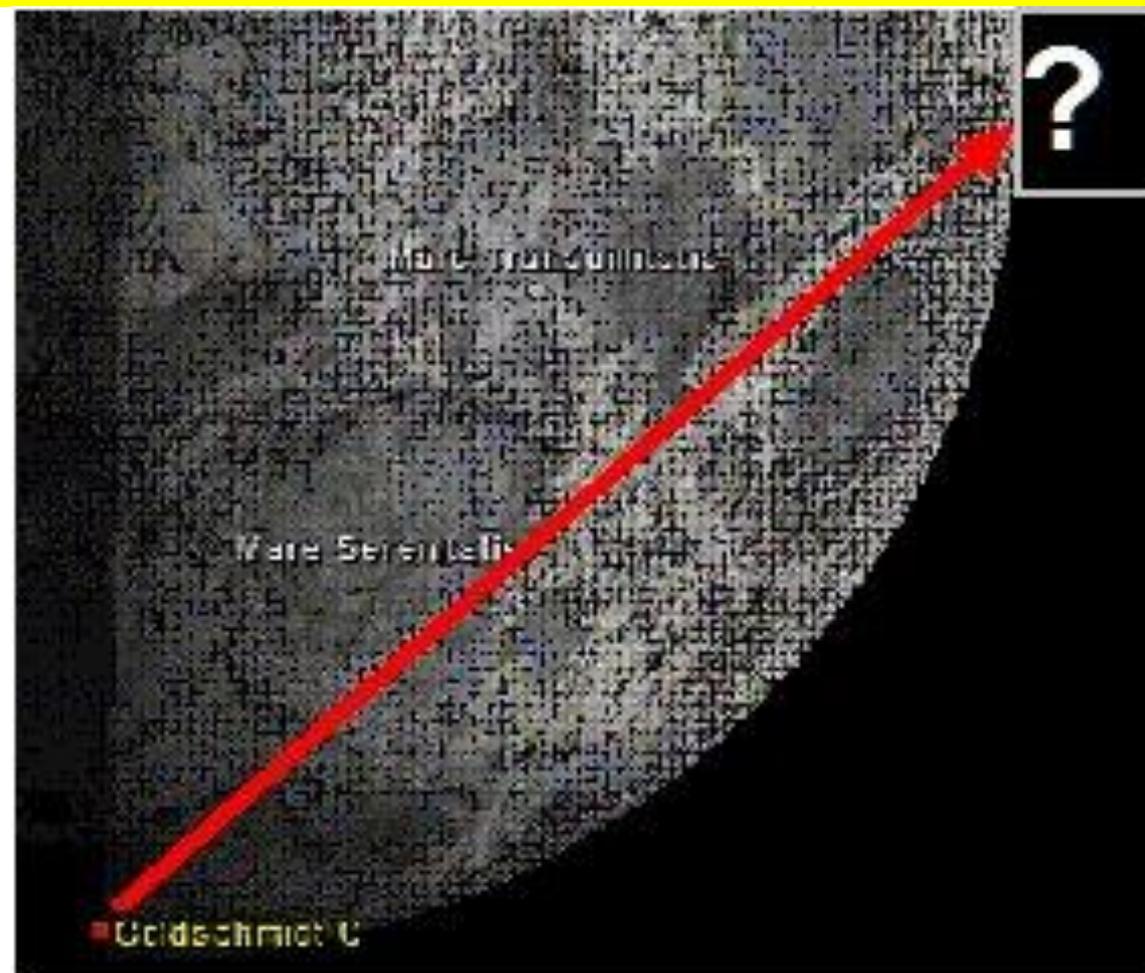
Mais la photo de Pierre Nouguier a été prise 41 heures et 18 minutes après le premier quartier et le cratère Tycho est tout juste sorti de l'ombre sur cette image. Il était donc inobservable au premier quartier



Le déplacement apparent du Soleil durant la Lunaison déplace le terminateur, agrandissant la partie éclairée jusqu'à la pleine Lune. Les reliefs précédemment dans l'ombre finissent par apparaître. Dans le même temps, les ombres des montagnes déjà visibles au premier quartier s'amenuisent au fur et à mesure que le Soleil se « déplace » puisque l'angle d'éclairement devient de plus en plus important, partant de l'horizon pour un observateur situé au premier quartier et allant vers le Zénith en fonction de la croissance de la phase. Tycho sort ainsi de l'ombre du premier quartier pour apparaître dans la zone éclairée. L'angle d'éclairement est donc une fonction du temps par rapport à une origine : **Le 1^{er} quartier**

Un peu de calcul ?

Combien de temps faudra-t-il pour que le cratère Goldschmidt qui se situe sur le terminateur au premier quartier se retrouve à la verticale des rayons du Soleil ?



Dans le même temps
l'angle d'éclairement
variera de 90°

Le Soleil est à l'horizon
(Ombre infiniment grande)
à 0° le Soleil est au zénith
(Ombre de longueur nulle)

Il ne reste plus qu'à savoir
le « retard » de Tycho sur
le terminateur au premier
quartier

Arrêt sur image

Il existe une solution facile si l'on est patient :
Symétriquement, Tycho est dans la zone éclairée proche du terminateur au dernier quartier
On peut alors prendre une photo à ce moment précis et procéder comme précédemment,
c'est-à-dire déterminer la tangente de l'angle d'éclairement pour trouver son retard angulaire

Mais je suis pressé !

Grâce à un logiciel de simulation
comme il en existe de nombreux,
presque tous gratuits je peux savoir
exactement à quelle heure Tycho
s'est retrouvé sur le terminateur et
delà, savoir son « retard » sur le
terminateur du premier quartier :

Tycho à passer la ligne du
terminateur le 1 février à 3
heures TU. Tycho a donc 3 heures
de retard sur le terminateur.

La photo de travail a été prise le
premier février à 22 heures 18
minutes.

Quel est l'angle
d'éclairement de Tycho ?



La photo de travail a été prise le premier février à 22 heures 18 minutes.

Tycho est donc alors à :

**22h18 mn – 3 h = 19 heures 18 minutes
du terminateur ou 19,33 heures**

Un angle de 90° correspond à 177 heures

L'angle d'éclairement est alors de

$90/177 * 19,33 = 9,83 \text{ } ^\circ$ (Tg $9,83 \text{ } ^\circ = 0,173$)

Le point délicat de la mesure des ombres du cratère et du piton



Les mesures portent ici sur des grandeurs bien plus petites encore que celles consistant à estimer le diamètre entier de la formation, aussi, l'erreur relative sera plus grande. Un moyen efficace consiste alors à grandir démesurément la totalité du cratère à une échelle évidemment non maitrisable comme sur la diapo suivante.

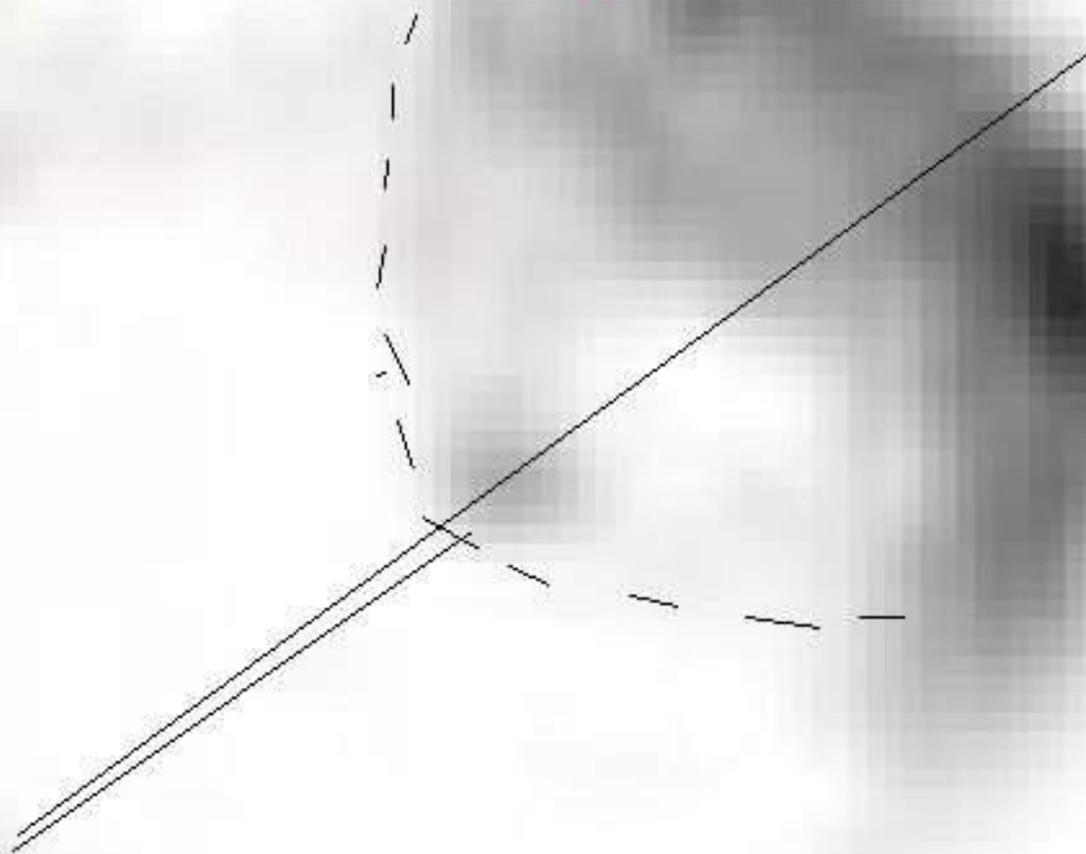
C'est certainement le point le plus délicat de l'exercice tant les ombres du cratère sont mal résolues sur la photo et ses frontières floues

L'ombre est $<$ que $1/2$ cratère



Il ne faut pas confondre l'ombre et la pénombre mais la différence se fait mieux voir en négatif de l'image comme sur la diapo suivante

L'ombre est $<$ que $1/2$ cratère



Ensuite, simplement à l'œil, il suffit d'estimer la proportion que représentent les zones ombrées rapportées à l'ensemble. On voit l'arc de l'ombre de la paroi juste avant d'atteindre le pic central. Nous pouvons conclure que

l'ombre est un peu inférieure à la moitié du diamètre, soit entre 3,5 et 4mm et 1,5 à 2mm pour l'ombre du piton

**L'ombre du bord du cratère est estimée à
3,75 mm**

L'ombre du piton est voisine de 1,75 mm

1mm de la photo = 8083 mètres

**L'ombre du cratère est estimée à 3,75 mm soit
 $30311 \text{ m} * 0,173 = \text{Profondeur } 5244 \text{ m}$**

4800m selon les atlas

L'ombre du piton = 1,75mm soit 14145 m.

hauteur du Piton $0,173 * 14145 = 2447 \text{ m}$

2000m selon les atlas

Quelques questions sans doute ?

Notez le logiciel *Atlas virtuel de la Lune* de
Patrick Chevalley et Christian Legrand

Merci de votre attention